

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

DIALOG(R)File 352:Derwent WPI  
(c) 2003 Thomson Derwent. All rts. reserv.

011029685 \*\*Image available\*\*

WPI Acc No: 1997-007609/199701

XRAM Acc No: C97-002030

XPX Acc No: N97-006844

Sputtering appts. - in which insulator ceramic film is coated onto  
surfaces of components surrounding target

Patent Assignee: ULVAC CORP (ULVA )

Number of Countries: 001 Number of Patents: 001

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
JP 8277461	A	19961022	JP 9581244	A	19950406	199701 B

Priority Applications (No Type Date): JP 9581244 A 19950406

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan	Pg	Main IPC	Filing Notes
JP 8277461	A		9	C23C-014/00	

Abstract (Basic): JP 8277461 A

In the sputtering appts., the insulator ceramic film is coated onto  
surfaces of components surrounding the target (3) and the substrate (8)  
employing one vapour deposition process.

USE - To provide the sputtering appts., resulting much inhibited  
generation of abnormal discharge and dust, promising long term stable  
operation.

Dwg. 1/2

Title Terms: SPUTTER; APPARATUS; INSULATE; CERAMIC; FILM; COATING; SURFACE;  
COMPONENT; SURROUND; TARGET

Derwent Class: L03; M13; U11; V05

International Patent Class (Main): C23C-014/00

International Patent Class (Additional): C23C-014/34; H01L-021/203;  
H01L-021/285

File Segment: CPI; EPI

DIALOG(R)File 347:JAPIO

(c) 2003 JPO & JAPIO. All rts. reserv.

05321961 \*\*Image available\*\*

SPUTTERING DEVICE AND FORMATION OF DIELECTRIC FILM

PUB. NO.: 08-277461 [JP 8277461 A]

PUBLISHED: October 22, 1996 (19961022)

INVENTOR(s): TANI NORIAKI

NAKAMURA KYUZO

SUZUKI IKUO

SUU KOUKOU

ISHIKAWA MICHIO

APPLICANT(s): ULVAC JAPAN LTD [352286] (A Japanese Company or Corporation),  
JP (Japan)

APPL. NO.: 07-081244 [JP 9581244]

FILED: April 06, 1995 (19950406)

INTL CLASS: [6] C23C-014/00; C23C-014/34; H01L-021/203; H01L-021/285

JAPIO CLASS: 12.6 (METALS -- Surface Treatment); 42.2 (ELECTRONICS --  
Solid State Components)

JAPIO KEYWORD:R004 (PLASMA)

#### ABSTRACT

PURPOSE: To provide the sputtering device for forming a dielectric film with the generation of the abnormal discharge and dust minimized in the sputtering device in sputtering and capable of maintaining a stabilized plasma discharge for a long time.

CONSTITUTION: The device parts 7 having a ground potential are provided around the opposed substrate 8 and target 3, and a dielectric film is formed on the substrate by using the ceramic target 3. In this sputtering device 1, at least the surface of the parts 7 on the space 14 side wherein plasma is coated with an insulating ceramic film consisting of Al(sub 2)O(sub 3), TiO(sub 2), SiO(sub 2), ZrO(sub 2), MgO or B(sub 4)C in 0.1-5000.mu.m thickness by CVD, PVD, sputtering, coating or thermal spraying.

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-277461

(43) 公開日 平成8年(1996)10月22日

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>  
 C23C 14/00  
 14/34  
 H01L 21/203  
 21/285

識別記号

F 1

C23C 14/00

Z

14/34

T

H01L 21/203

21/285

S

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全9頁)

(21) 出願番号 特願平7-81244

(22) 出願日 平成7年(1995)4月6日

(71) 出願人 000231464

日本真空技術株式会社

神奈川県茅ヶ崎市萩園2500番地

(72) 発明者 谷 典明

千葉県山武郡山武町横田523 日本真空技術株式会社千葉超材料研究所内

(72) 発明者 中村 久三

千葉県山武郡山武町横田523 日本真空技術株式会社千葉超材料研究所内

(72) 発明者 鈴木 郁生

千葉県山武郡山武町横田523 日本真空技術株式会社千葉超材料研究所内

(74) 代理人 弁理士 北村 欣一 (外2名)

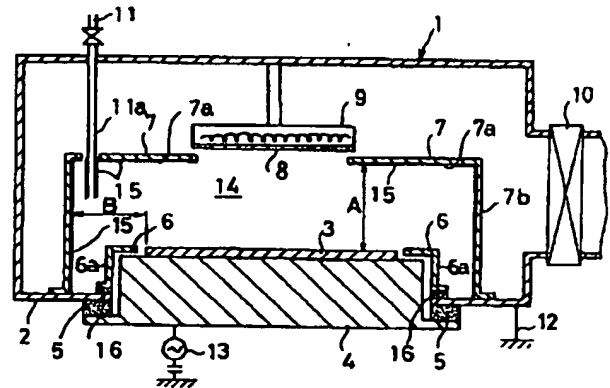
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 スパッタリング装置および誘電体膜の成膜方法

## (57) 【要約】

【目的】 スパッタ中にスパッタリング装置内の異常放電やダストの発生が極めて少なく、長時間に亘って安定したプラズマ放電が維持出来る誘電体膜成膜用のスパッタリング装置。

【構成】 対向する基板とターゲットの周囲にアース電位の装置部品を備え、セラミックターゲットを用いて基板上に誘電体膜を得るスパッタリング装置において、前記装置部品の少なくともプラズマが存在する空間側の表面がCVD法、PVD法、スパッタ法、塗布法、または溶射法により厚さ $0.1\mu\text{m}$ ~ $5000\mu\text{m}$ の $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{ZrO}_2$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{B}_2\text{C}$ から成る絶縁性セラミック膜のいずれかで被覆されたスパッタリング装置。



(2)

特開平8-277461

2

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 対向する基板とターゲットの周囲にアース電位の装置部品を備え、セラミックスターゲットを用いて基板上に誘電体膜を得るスパッタリング装置において、前記装置部品の少なくともプラズマが存在する空間側の表面が絶縁体で覆われていることを特徴とするスパッタリング装置。

【請求項2】 前記絶縁体はCVD法、PVD法、スパッタ法、塗布法または溶射法により $0.1\mu\text{m}\sim 5000\mu\text{m}$ の厚さにコーティングした $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{ZrO}_2$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{B}_2\text{C}$ から成る絶縁性セラミックス膜のいずれかであることを特徴とする請求項第1項に記載のスパッタリング装置。

【請求項3】 前記誘電体膜は $\text{SrTiO}_3$ 、 $\text{BaTiO}_3$ 、 $(\text{BaSr})\text{TiO}_3$ 、 $\text{PbTiO}_3$ 、 $(\text{PbLa})\text{TiO}_3$ 、 $\text{Pb}(\text{ZrTi})\text{O}_3$ 、 $(\text{PbLa})(\text{ZrTi})\text{O}_3$ 、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$ のいずれかであることを特徴とする請求項第1項または第2項に記載のスパッタリング装置。

【請求項4】 対向する基板とターゲットの周囲にアース電位の装置部品を備えるスパッタリング装置を用いて、セラミックスターゲットにスパッタリングを施して基板上に誘電体膜を成膜する誘電体膜の成膜方法において、前記スパッタリング装置は前記装置部品の少なくともプラズマが存在する空間側の表面が絶縁体で覆われている装置であり、前記誘電体膜は $\text{SrTiO}_3$ 、 $\text{BaTiO}_3$ 、 $(\text{BaSr})\text{TiO}_3$ 、 $\text{PbTiO}_3$ 、 $(\text{PbLa})\text{TiO}_3$ 、 $\text{Pb}(\text{ZrTi})\text{O}_3$ 、 $(\text{PbLa})(\text{ZrTi})\text{O}_3$ 、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$ のいずれかであることを特徴とする誘電体膜の成膜方法。

【請求項5】 前記絶縁体はCVD法、PVD法、スパッタ法、塗布法または溶射法により $0.1\mu\text{m}\sim 5000\mu\text{m}$ の厚さにコーティングした $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{ZrO}_2$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{B}_2\text{C}$ から成る絶縁性セラミックス膜のいずれかであることを特徴とする請求項第4項に記載の誘電体膜の成膜方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明はスパッタリング装置および誘電体膜の成膜方法に関し、更に詳しくは、高い誘電率を有する誘電体膜を得るためのスパッタリング装置および誘電体膜の成膜方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来の誘電体膜を得るためのスパッタリング装置としては図2に示すスパッタリング装置aが知られている。

【0003】図2示のスパッタリング装置aにおいて、bは金属製の真空チャンバー、cは目的とする誘電体膜を得るためのセラミックスターゲット、dはスパッタカソード、eはスパッタカソードdをアース電位である真

空チンバーbから絶縁するための絶縁板、fはアースシールド、gは防着板、hは表面に誘電体膜を成膜するためセラミックスターゲットcに対向配置された基板、iは基板hを加熱するヒータを備えた基板ホルダー、jは真空チャンバーの排気口バルブ、kはスパッタガスを真空チャンバーb内に導入するためのガス導入パイプ、lは真空チャンバーbをアース電位にするためのアース板、mはスパッタカソードdに電力を印加するためのRF電源を示す。

【0004】これら装置部品のうち防着板gはスパッタリングされたセラミックスターゲットcのスパッタ粒子が飛散し、真空チャンバーb内のいたるところに付着して内壁が汚染されることを防ぐため基板hとターゲットcの周囲に設置されているのが一般的である。

【0005】そして、ある程度長時間、基板h上に誘電体膜を成膜しても防着板gが設置されているため、真空チャンバーbの内壁はほとんど汚れず、防着板gが基板hとターゲットcの周囲に配置された装置部品のアースシールドfおよびガス導入パイプkの先端部分を除いて基板h以外の部分にセラミックスターゲットcの膜が付着するのを妨げている。

【0006】また、適当な成膜時間の経過後、セラミックスターゲットcの膜が付着した防着板g、アースシールドfおよびガス導入パイプkの先端部分を交換するか、或いは防着板gを取り外して洗浄することで、繰り返し成膜を続行することが出来る。

【0007】防着板gおよびガス導入パイプkは一般に例えばステンレス材のような金属材料で作製されていることが多く、真空チャンバーbの内壁に取付けられているので、その電位はアース電位である。また、アースシールドfは当然アース電位である。

【0008】基板hとセラミックスターゲットcの周囲に配置されたこれらのアース電位の装置部品のプラズマが存在する空間側の表面にセラミックスターゲットcから飛び出したスパッタ粒子が堆積すると、堆積した膜が絶縁性膜である場合には、スパッタ開始後、しばらくした後、絶縁性膜が堆積する側の表面において、小さなアーキングが発生し始め、このアーキングはやがてそれら表面のいたるところで起こり始める。放電を停止し、これら装置部品の表面を観察すると、アーキングが生じた跡がそれら表面に残り、同時に白っぽい粉が付着していた。このような粉は真空チャンバーb内を汚染し、多くの場合成膜する基板hにも取り込まれるので好ましくない。

【0009】この粉の発生原因は以下のメカニズムによる。アース電位である装置部品のプラズマが存在する空間側の表面に絶縁性膜が堆積し始める。一方、防着板gの内側表面とセラミックスターゲットcおよび基板hに囲まれた空間はプラズマが広がっており、マグネトロンスパッタ法の場合にはセラミックスターゲットc表面の

(3)

特開平8-277461

3

4

漏洩磁場強度にもよるが、いずれにしても成膜速度を速くするためにスパッタカソードdに印加するパワーが大きくなると防着板gの付近までプラズマは広がる。

【0010】この時、堆積する膜が金属膜の場合には何ら問題は生じないが、絶縁性膜の場合には次のような現象が起こる。

【0011】即ち、これら装置部品の表面に絶縁性膜が堆積し、その絶縁性膜がプラズマに晒されている、もしくはプラズマが近傍に存在しているとその位置でのプラズマ電位により絶縁性膜の表面には正または負の電荷が蓄積される。

【0012】一般的にその電荷の絶対値は数Vから数十V程度チャージアップする。これら装置部品の表面には当初ごく薄い膜が堆積するが、ごく薄い膜では膜が絶縁破壊する電圧、即ち、耐圧が低く、その時にこのような電荷が絶縁性膜表面に蓄積すると、これら装置部品がアース電位であるため、絶縁性膜表面の電荷は膜の厚さ方向にアース電位側へと膜を絶縁破壊しながら移動する。

【0013】絶縁破壊された箇所にはピンホールや膜剥離が生じ、その部分は再び装置部品の金属アース面が露出する。そして再びその部分に絶縁性膜が堆積し始めると、前記と同様に膜表面のチャージアップと膜の絶縁破壊を繰り返し、これら装置部品の表面がいたるところでこの状態を繰り返す。即ち、先に述べた防着板g、アースシールドfおよびガス導入パイプkの先端部分の表面のいたるところで生じる小さなアーキングはこの状態が発生しているのである。

【0014】この時、絶縁性膜は絶縁破壊によりマイクロに膜が剥離するのでこれら装置部品の表面はいたるところから剥離した細かい粉が発生している。このような粉は成膜ダストとなり基板h上に堆積させる誘電体膜中に混入し、成膜不良を引き起こすので好ましくない。

【0015】従って、このようなダストが発生しないようにするために、

I 絶縁性膜上に電荷が蓄積しないようにする。特に、防着板gの内側表面がプラズマに晒されないように防着板gとターゲットcの間の距離を出来るだけ離すか、プラズマが広がらないようにする。

II 絶縁性膜上に電荷が蓄積されても、その電荷がアース電位に向って放電し、絶縁破壊を起こさないようにする。

の2通りの手段がある。

【0016】

【発明が解決しようとする課題】前記Iの手段に関しては真空チャンパー内の寸法的な制約があり、無限に離すことは出来ないし、また、長時間連続成膜し続けるとやがては絶縁性膜を破壊する印加電界を与えるだけの電荷が防着板g内面に堆積した絶縁性膜表面に蓄積してしまう。一方、前記IIの手段に対しては例えば防着板gをアース電位にしない、即ち、防着板gを絶縁板で真空チャ

ンバーのアース電位から切りはなしてやったり、防着板gそのものを金属材料ではなく、絶縁体材料で作製すれば絶縁性膜上に蓄積された電荷をアース電位に放電することが出来なくなり、堆積した絶縁性膜の表面に蓄積されたままで絶縁破壊を引き起こさないのではないかということは容易に予想できる。

【0017】しかし、実際にはプラズマの発生はスパッタカソードと周囲のアースとの間に電流が流れることによって放電が維持されるわけであるから、前記のようにスパッタカソードの周囲にアース電位が極端に少ない場合、放電が不安定で、極端な場合放電が持続できなくなってしまうという問題がある。

【0018】本発明はかかる前記問題点を解消し、基板とターゲットの周囲に配置された装置部品からの発塵がなく、かつ安定した放電が維持出来るスパッタリング装置および誘電体膜の成膜方法を提供することを目的とする。

【0019】

【課題を解決するための手段】本発明のスパッタリング装置は、対向する基板とターゲットの周囲にアース電位の装置部品を備え、セラミックターゲットを用いて基板上に誘電体膜を得るスパッタリング装置において、前記装置部品の少なくともプラズマが存在する空間側の表面が絶縁体で覆われていることを特徴とする。

【0020】また、前記絶縁体は $Al_2O_3$ 、 $TiO_2$ 、 $SiO_2$ 、 $ZrO_2$ 、 $MgO$ 、 $B_2C$ 等の絶縁性セラミックスをCVD法、PVD法、スパッタ法、塗布法または溶射法によりコーティングしてもよい。更に、その厚みは $0.1\mu m \sim 5000\mu m$ 程度としてもよい。

【0021】また、前記誘電体膜を $SrTiO_3$ 、 $BaTiO_3$ 、 $(BaSr)TiO_3$ 、 $PbTiO_3$ 、 $(PbLa)TiO_3$ 、 $Pb(ZrTi)O_3$ 、 $(PbLa)(ZrTi)O_3$ 、 $Ta_2O_5$ のいずれかとしてもよい。

【0022】本発明の誘電体膜の成膜方法は、前記スパッタリング装置を用いて行うものであり、更に詳しくは、対向する基板とターゲットの周囲にアース電位の装置部品を備えるスパッタリング装置を用いて、セラミックターゲットにスパッタリングを施して基板上に誘電体膜を成膜する誘電体膜の成膜方法において、前記スパッタリング装置は前記装置部品の少なくともプラズマが存在する空間側の表面が絶縁体で覆われている装置であり、前記誘電体膜は $SrTiO_3$ 、 $BaTiO_3$ 、 $(BaSr)TiO_3$ 、 $PbTiO_3$ 、 $(PbLa)TiO_3$ 、 $Pb(ZrTi)O_3$ 、 $(PbLa)(ZrTi)O_3$ 、 $Ta_2O_5$ のいずれかであることを特徴とする。

【0023】この時、装置部品の少なくともプラズマが存在する空間側の表面を覆う絶縁体は $Al_2O_3$ 、 $TiO_2$ 、 $SiO_2$ 、 $ZrO_2$ 、 $MgO$ 、 $B_2C$ 等の絶縁性セラミックスをCVD法、PVD法、スパッタ法、塗布法または溶射法によりコーティングしてもよい。更に、その厚

特開平8-277461

5

みは $0.1\mu\text{m}\sim 5000\mu\text{m}$ 程度としてもよい。

【0024】

【作用】セラミックスターゲットを用いてスパッタリング法にて誘電体膜を成膜する本発明のスパッタリング装置は、対向する基板とターゲットの周囲に配置されたアース電位の装置部品のプラズマが存在する空間側の表面が絶縁体層に覆われているので、該絶縁体層にスパッタ膜が堆積し始め、その表面に電荷が蓄積されても、その電荷が作る電界よりも耐圧の高い絶縁体層が既に存在するため、電荷が装置部品のアース電位側へ向って放電せず、従って、スパッタ膜と絶縁体層を絶縁破壊しないので、粉やダストを発生せず、真空チャンバー内は清浄な雰囲気中で成膜が行える。

【0025】また、スパッタリング装置の前記装置部品は絶縁体層をはさんではいるが、その厚さがあまり厚くない場合には誘電体膜が堆積してもRF的にはアース電位となり得るので、長時間安定した放電が維持出来る。

【0026】その結果、ダストの混入が極めて少ない誘電体膜が基板上に成膜される。

【0027】

【実施例】本発明において、防着板やアースシールド等の装置部品の少なくともプラズマが存在する空間側の表面を被覆する絶縁体である絶縁性セラミックス膜の厚さを $0.1\mu\text{m}$ ないし $5000\mu\text{m}$ としたのは、絶縁性セラミックス膜の厚さが $0.1\mu\text{m}$ に満たない場合は、耐圧が低く蓄積された電荷により絶縁性セラミックス膜もろとも絶縁破壊されるために発塵の原因となり、また、絶縁性セラミックス膜の厚さが $5000\mu\text{m}$ を超えた場合は、アース電位が厚いセラミックス膜を介して存在するのでアースが不十分となり、RFプラズマが安定放電できないからである。

【0028】次に添付図面に従って本発明の誘電体膜の成膜方法の具体的実施例を比較例と共に説明する。

【0029】実施例1

図1は本発明のスパッタリング装置1の1実施例を示す。

【0030】図中、2は金属製の真空チャンバー、3は目的とする誘電体膜を得るためのセラミックスターゲット、4はスパッタカソード、5はスパッタカソード4をアース電位である真空チャンバー2から絶縁するための絶縁板、6はアースシールド、7は防着板、8は表面に誘電体膜を成膜するための基板、9は基板8を加熱するヒータを備えた基板ホルダー、10は真空チャンバーの排気口バルブ、11はスパッタガスを真空チャンバー内に導入するためのガス導入パイプ、12は真空チャンバー2をアース電位にするためのアース板、13はスパッタカソード3に電力を印加するためのRF電源を示す。

【0031】前記装置構成は従来のスパッタリング装置と変わりはないが、本発明の特徴に従って、基板8とセラミックスターゲット3の周囲に配置されたアース電位

(4)

6

の装置部品の一つである防着板7を厚さ2mmのステンレス材(SUS304)で作製し、そのプラズマが存在する空間14側の表面7a並びにその他の装置部品であるガス導入パイプ11の表面11aに溶射法により厚さ $50\mu\text{m}$ のAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(酸化アルミニウム)の絶縁性セラミックス膜15を夫々形成した。

【0032】また、プラズマが存在しない防着板7の裏面7b側に銅(Cu)板を用いて真空チャンバー2を介して結線してアース板12により電氣的にアース電位となるようにした。

【0033】また、アースシールド5は真空チャンバー2に絶縁板16を介して接続して真空チャンバー2と絶縁状態とし、アース電位の真空チャンバー2から電氣的にフローティング電位としたために、特にその表面に絶縁性膜を形成しなかった。

【0034】また、基板ホルダー9もフローティング電位であるため、特にその表面に絶縁性膜を形成しなかった。

【0035】そして、本実施例ではセラミックスターゲット3として直径150mm、厚さ4mmのSrTiO<sub>3</sub>(チタン酸ストロンチウム)を用い、該セラミックスターゲット3をスパッタリング装置1の真空チャンバー2内に取付けた。

【0036】また、基板8として3インチシリコンウェハを用い、基板8を基板ホルダー9に保持した。基板の電位はフローティング電位である。

【0037】また、セラミックスターゲット3表面から防着板7表面までの距離Aを55mm、セラミックスターゲット3端から防着板7の側面までの距離Bを45mmとした。

【0038】そして、真空チャンバー2内を排気口バルブ10より圧力 $1\times 10^{-4}$ Paまで排気した後、ガス導入パイプ11より20%O<sub>2</sub>(酸素)ガスを混合したAr(アルゴン)ガスから成るスパッタガスを真空チャンバー2内に導入し、スパッタガス圧力0.5Paとし、スパッタ電力500WのRFスパッタリング法によりセラミックスターゲット3にスパッタリングを施して、基板ホルダー9により温度400℃に加熱した基板8上に膜厚200nmのSrTiO<sub>3</sub>膜を成膜した。

【0039】そして、成膜中の放電状態および防着板7の表面7a、アースシールド6の表面6a、ガス導入パイプ11の表面11aの状態を目視により観察したところ、防着板表面、アースシールド表面、ガス導入パイプ表面は何ら変化がなく、プラズマの状態も安定していた。

【0040】また、基板8上に成膜されたSrTiO<sub>3</sub>膜中の大きさ $0.5\mu\text{m}$ 以上のダストの数をレーザーダストモニタで測定したところ、大きさ $0.5\mu\text{m}$ 以上のダストの数の増加は成膜前に比べて16個であった。

【0041】比較例1

10

20

30

40

50

(5)

特開平8-277461

7

8

図2に示す従来の装置を用い、防着板gを厚さ2mmのステンレス材(SUS304)で作製し、両面ともアース電位の金属表面が露出した状態とし、また、表面には絶縁体膜を何ら被覆していないアースシールドfおよびガス導入パイプkを用いた以外は、前記実施例1と同様の方法でRFスパッタリングを行って、基板上にSrTiO<sub>3</sub>膜を成膜した。

【0042】そして、成膜中の放電状態および防着板表面、アースシールド表面、ガス導入パイプ表面の状態を目視により観察したところ、放電開始約30秒後よりプラズマが存在する防着板表面、アースシールド表面、ガス導入パイプ表面で小さな輝点が観察され始め、時間の経過と共にその個数および範囲とも拡大し、約2分後には防着板表面、アースシールド表面、ガス導入パイプ表面のほぼ全面にアーキングによる輝点が観察された。

【0043】放電開始60分経過した後、放電を停止し、真空チャンバーb内を大気開放して、プラズマが存在していた防着板の表面、アースシールド表面、ガス導入パイプ表面を観察したところ、3~60mm程度の長さの稲妻のような異常放電跡が多数確認でき、小さな白い粉状のものが付着していた。この粉はSrTiO<sub>3</sub>の微粉であった。

【0044】また、基板上に成膜されたSrTiO<sub>3</sub>膜中の大きさ0.5μm以上のダストの数をレーザーダストモニタで測定したところ、ダストの増加は522個であった。

#### 【0045】比較例2

図2に示す従来の装置を用い、防着板gを厚さ2mmのステンレス材(SUS304)で作製し、両面ともアース電位の金属表面が露出した状態とし、また、表面には絶縁体膜を何ら被覆していないアースシールドfおよびガス導入パイプkを用い、また、アースシールドfおよび防着板gは真空チャンバーbに絶縁板(図示しないが図1の絶縁板16に同じ)を介して接続して真空チャンバーbと絶縁状態とし、アース電位の真空チャンバーbから電氣的にフローティング電位とした以外は、前記実施

例1と同様の方法でRFスパッタリングを行って、基板上にSrTiO<sub>3</sub>膜を成膜した。

【0046】そして、成膜中の放電状態および防着板表面、アースシールド表面、ガス導入パイプ表面の状態を目視により観察したところ、放電開始約直後より防着板、基板、セラミックスターゲット、アースシールドで囲まれた空間のプラズマはゆらゆらと動き、しばしば防着板等の隙間から火柱状にプラズマが吹き出していた。また、放電開始約3分後からプラズマが点灯し始め、時間の経過と共に消えている割合が高くなっていった。また、放電中、防着板等の裏面にはアーキング等の異常は認められなかった。いずれにしても放電は不安定な状態であった。

【0047】また、基板上に成膜されたSrTiO<sub>3</sub>膜中の大きさ0.5μm以上のダストの数をレーザーダストモニタで測定したところ、ダストの増加は11個であった。

【0048】しかし、実施例1と同様に60分間成膜したが、得られた膜厚は110nmしかなく、成膜速度が不安定であった。

#### 【0049】実施例2

防着板7の表面7a、ガス導入パイプ11の表面11aに溶射法により形成するAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の絶縁性セラミックス膜15の厚さを表1に示すように種々変化させた防着板、ガス導入パイプを用いた以外は、前記実施例1と同様の方法で基板8上にSrTiO<sub>3</sub>膜を成膜した。

【0050】そして、成膜中の放電中のプラズマ状態および防着板7の表面7a、アースシールド6の表面6a、ガス導入パイプ11の表面11aの異常放電状態を目視により観察し、その結果を表1に示す。

【0051】また、基板上に成膜されたSrTiO<sub>3</sub>膜中の大きさ0.5μm以上のダストの数をレーザーダストモニタで測定し、その結果を表1に示す。

#### 【0052】

【表1】



(6)

特開平8-277461

9

10

Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> の厚さ ( $\mu$ m)	防着板等の表面 異常放電の状態	プラズマの状態	ダストの増加量 (個)	60分後の得られた SrTiO <sub>3</sub> の膜厚(nm)
0.05	初め小さなアーキングは多いが、次第に少なくなる	安定	278	180
0.1	異常なし	安定	29	200
10	異常なし	安定	19	200
100	異常なし	安定	21	200
500	異常なし	安定	17	200
1000	異常なし	安定	36	200
3000	異常なし	安定	23	200
5000	異常なし	安定	31	200
10000	異常なし	プラズマ ゆらいでいる	18	150

【0053】表1から明らかなように、防着板7の表面7a、ガス導入パイプ11の表面11aに形成したAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>製の絶縁性セラミックス膜15の厚さが本発明の0.1 $\mu$ m~5000 $\mu$ mの範囲内において、防着板7の表面7aやガス導入パイプ11の表面11a上で異常放電はなく、また、プラズマの状態も安定しているので、膜中にダストが取り込まれたり成膜速度が不安定にならないことが確認された。

【0054】前述のように、実施例1においてプラズマが存在する空間側の防着板やその他の装置部品の表面にスパッタされたSrTiO<sub>3</sub>膜が形成され、その表面にはプラズマの影響により正または負の電荷が蓄積されるが、アース電位である防着板の金属面との間、即ち防着板表面にAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の絶縁性セラミックス膜が50 $\mu$ mの厚さで形成されているため絶縁体層の耐圧が高く、その電荷はアースに逃げることができなく、絶縁破壊を引き起こさない。

【0055】従って、その時の小さなアーキングのような異常や、極端なダストの発生を引き起こさない。また、防着板の裏面側、即ちプラズマが存在しない側がアース電位であり、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の絶縁体層をはさんではいるが、その厚さが50 $\mu$ mとあまり厚くないためRFプラズマはゆらいだり、点滅したりすることなく、安定放電が維持出来る。

【0056】一方、比較例1において基板上へのSrTiO<sub>3</sub>膜の成膜中に、プラズマが存在する空間側の防着板、アースシールド、ガス導入パイプの表面にスパッタされたセラミックターゲット材のSrTiO<sub>3</sub>膜が形成され、その表面には正または負の電荷が蓄積され始める。

【0057】この防着板、アースシールド、ガス導入パイプの表面にはまだ、ごく薄い膜厚のSrTiO<sub>3</sub>膜し

か形成されていないので、表面に蓄積された電荷がつくる電界によってこのSrTiO<sub>3</sub>膜は絶縁破壊を起こして、電荷がアースに放電すると同時に、このSrTiO<sub>3</sub>膜は粉状になって飛び散り、下地アース金属面が露出する。更に、スパッタが続いているのでその露出した部分に再びSrTiO<sub>3</sub>膜が堆積するが、同様に再び絶縁破壊を繰り返す。その時、防着板表面等に異常放電跡が発生してしまう。このような状態が防着板、アースシールド等の表面一面に発生するので飛び散った粉がダストとなってしまう。

【0058】また、比較例2においてはセラミックターゲットの周囲にアース電位が存在しないので、プラズマが安定せず、ゆらやぎや点滅するので成膜速度が一定にならないから、実用上使用することは出来ない。

【0059】実施例2において防着板、ガス導入パイプ等の表面に形成されたAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の絶縁性セラミックス膜の厚さが0.05 $\mu$ mと薄い場合は、溶射法では完全にピンホールフリーな膜ではなく、所々でアース面が僅かに露出しているので、このような薄い箇所ではアーキングを起こしてAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の絶縁性セラミックス膜やその上に堆積した薄いSrTiO<sub>3</sub>膜が絶縁破壊を起こしているが、次第にAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の絶縁性セラミックス膜の上にSrTiO<sub>3</sub>膜が堆積して防着板等の表面が絶縁されると実施例1と同じ理由で異常放電がなくなり放電が安定する。

【0060】Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の絶縁性セラミックス膜の厚さが0.1 $\mu$ mから5000 $\mu$ mまでは防着板、ガス導入パイプの表面が十分に絶縁されており、かつ防着板、ガス導入パイプは絶縁性セラミックス膜を介しているが、RF的なアース電位になっているので安定放電が維持出来る。これはプラズマと防着板等のアース電位の間に絶縁性セラミックス膜が存在するが、RF放電時にはこの絶縁性セ

(7)

特開平8-277461

11

12

ラミックス膜があまり厚くないと時はアース電位として機能出来る。しかし、絶縁体である絶縁性セラミックス膜の $\text{Al}_2\text{O}_3$ の膜厚が10000 $\mu\text{m}$ まで厚くなるとプラズマの周囲にはRF的にも十分なアース電位がなく、放電が不安定になる。

## 【0061】実施例3

防着板7の表面7a、ガス導入パイプ11の表面11aに形成する絶縁性セラミックス膜15を、溶射 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 膜の代わりに、CVD (Chemical Vapor Deposition) 法により形成した厚さ0.1 $\mu\text{m}$ の $\text{TiO}_2$  (酸化チタン) 膜とした以外は、前記実施例1と同様の方法で基板8上に $\text{SrTiO}_3$ 膜を成膜した。

【0062】そして、成膜中の放電状態および防着板7の表面7a、ガス導入パイプ11の表面11aの状態を目視により観察したところ、防着板表面、ガス導入パイプ表面は異常放電はなく、プラズマの状態も安定していた。

【0063】また、基板上に成膜された $\text{SrTiO}_3$ 膜中の大きさ0.5 $\mu\text{m}$ 以上のダストの数をレーザーダストモニタで測定したところ、ダストの増加は27個であった。

【0064】また、得られた $\text{SrTiO}_3$ 膜の膜厚は200nmであった。

## 【0065】実施例4

防着板7の表面7a、ガス導入パイプ11の表面11aに形成する絶縁性セラミックス膜15を、溶射 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 膜の代わりに、これらの表面にヘキサメチルジシロキサンを塗布後焼成して形成した厚さ10 $\mu\text{m}$ の $\text{SiO}_2$  (酸化ケイ素) 膜とした以外は、前記実施例1と同様の方法で基板8上に $\text{SrTiO}_3$ 膜を成膜した。

【0066】そして、成膜中の放電状態および防着板7の表面7a、ガス導入パイプ11の表面11aの状態を目視により観察したところ、防着板表面、ガス導入パイプ表面は異常放電はなく、プラズマの状態も安定していた。

【0067】また、基板上に成膜された $\text{SrTiO}_3$ 膜中の大きさ0.5 $\mu\text{m}$ 以上のダストの数をレーザーダストモニタで測定したところ、ダストの増加は8個であった。

【0068】また、60分間の成膜後得られた $\text{SrTiO}_3$ 膜の膜厚を測定したところ200nmであった。

## 【0069】実施例5

防着板7の表面7a、ガス導入パイプ11の表面11aに形成する絶縁性セラミックス膜15を、溶射 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 膜の代わりに、スパッタリング法により形成した厚さ5 $\mu\text{m}$ の $\text{ZrO}_2$  (酸化ジルコニウム) 膜とした以外は、前記実施例1と同様の方法で基板8上に $\text{SrTiO}_3$ 膜を成膜した。

【0070】そして、成膜中の放電状態および防着板7の表面7a、ガス導入パイプ11の表面11aの状態を

目視により観察したところ、防着板表面、ガス導入パイプ表面は異常放電はなく、プラズマの状態も安定していた。

【0071】また、基板上に成膜された $\text{SrTiO}_3$ 膜中の大きさ0.5 $\mu\text{m}$ 以上のダストの数をレーザーダストモニタで測定したところ、ダストの増加は30個であった。

【0072】また、得られた $\text{SrTiO}_3$ 膜の膜厚は200nmであった。

## 【0073】実施例6

防着板7の表面7a、ガス導入パイプ11の表面11aに形成する絶縁性セラミックス膜15を、溶射 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 膜の代わりに、PVD (Physical Vapor Deposition) 法により形成した厚さ50 $\mu\text{m}$ の $\text{MgO}$  (酸化マグネシウム) 膜とした以外は、前記実施例1と同様の方法で基板8上に $\text{SrTiO}_3$ 膜を成膜した。

【0074】そして、成膜中の放電状態および防着板7の表面7a、ガス導入パイプ11の表面11aの状態を目視により観察したところ、防着板表面、ガス導入パイプ表面は異常放電はなく、プラズマの状態も安定していた。

【0075】また、基板上に成膜された $\text{SrTiO}_3$ 膜中の大きさ0.5 $\mu\text{m}$ 以上のダストの数をレーザーダストモニタで測定したところ、ダストの増加は15個であった。

【0076】また、基板上に成膜された $\text{SrTiO}_3$ 膜の膜厚は200nmであった。

## 【0077】実施例7

防着板7の表面7a、ガス導入パイプ11の表面11aに形成する絶縁性セラミックス膜15を、溶射 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 膜の代わりに、スパッタリング法により形成した厚さ0.2 $\mu\text{m}$ の $\text{B}_2\text{C}$  (炭化ホウ素) 膜とした以外は、前記実施例1と同様の方法で基板8上に $\text{SrTiO}_3$ 膜を成膜した。

【0078】そして、成膜中の放電状態および防着板7の表面7a、アースシールド6の表面6a、ガス導入パイプ11の表面11aの状態を目視により観察したところ、防着板表面、アースシールド表面、ガス導入パイプ表面は異常放電はなく、プラズマの状態も安定していた。

【0079】また、基板上に成膜された $\text{SrTiO}_3$ 膜中の大きさ0.5 $\mu\text{m}$ 以上のダストの数をレーザーダストモニタで測定したところ、ダストの数の増加は34個であった。

【0080】また、基板上に成膜された $\text{SrTiO}_3$ 膜の膜厚は200nmであった。

## 【0081】実施例8~14

セラミックターゲット3材として $\text{SrTiO}_3$ の代わりに $\text{BaTiO}_3$  (チタン酸バリウム)、 $\text{BaSrTiO}_3$  (チタン酸ストロンチウムバリウム)、 $\text{PbTiO}_3$  (チタン酸鉛)

(8)

特開平8-277461

13

10、(チタン酸鉛)、(PbLa)TiO<sub>3</sub>、(チタン酸鉛ランタン)、Pb(ZrTi)O<sub>3</sub>、(ジルコン酸チタン酸鉛)、(PbLa)(ZrTi)O<sub>3</sub>、(ジルコン酸チタン酸鉛ランタン)、Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、(酸化タンタル)のいずれかのセラミックターゲットを用いた以外は、前記実施例1と同様の方法で基板8上にBaTiO<sub>3</sub>膜、(BaSr)TiO<sub>3</sub>膜、PbTiO<sub>3</sub>膜、(PbLa)TiO<sub>3</sub>膜、Pb(ZrTi)O<sub>3</sub>膜、(PbLa)(ZrTi)O<sub>3</sub>膜、Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>膜のいずれかを成膜した。

【0082】そして、成膜中の放電状態および防着板7の表面7a、ガス導入パイプ11の表面11aの状態を目視により観察したところ、いずれの場合も防着板表面、ガス導入パイプ表面は異常放電はなく、プラズマの状態も安定していた。

【0083】また、基板上に成膜された各膜中の大きさ0.5μm以上のダストの数をレーザーダストモニタで測定したところ、BaTiO<sub>3</sub>膜のダストの増加は7個であり、(BaSr)TiO<sub>3</sub>膜のダストの増加は19個であり、PbTiO<sub>3</sub>膜のダストの増加は18個であり、(PbLa)TiO<sub>3</sub>膜のダストの増加は33個であり、Pb(ZrTi)O<sub>3</sub>膜のダストの増加は22個であり、(PbLa)(ZrTi)O<sub>3</sub>膜のダストの増加は30個であり、Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>膜のダストの増加は40個であった。

【0084】実施例8～14の結果から明らかなように、いずれのセラミックターゲット材を用いた場合も成膜中は異常放電はなく安定したプラズマ状態が得られ、成膜された各膜の膜厚も再現性があり、安定した成膜速度が得られた。

【0085】また、基板上に成膜された各膜中のダストの増加量はいずれも10～40個程度と低いレベルであった。

#### 【0086】実施例15

防着板7を厚さ2mmのステンレス材(SUS304)で作製し、図1とは異なり、アース電位にするための端子部(10mm×10mm)を除くすべての面に溶射法により厚さ50μmのAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、(酸化アルミニウム)の絶縁性セラミックス膜を形成した。また、アースシールド6も図1とは異なり、アース電位の真空チャンバー2に絶縁板16を介さず直接取り付けアース電位とし、真空チャンバー2に接する面以外のすべての面にAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、(酸化アルミニウム)を50μm溶射した以外は、前記実施例1と同様の方法でRFスパッタリングを行って、基板上にSrTiO<sub>3</sub>膜を形成した。

【0087】そして、成膜中の放電状態および防着板表面、アースシールド表面、ガス導入パイプ表面の状態を目視により観察したところ、放電およびプラズマ状態は安定しており、防着板表面、アースシールド表面、ガス導入パイプ表面は特に異常なかった。

【0088】また、基板8上に成膜されたSrTiO<sub>3</sub>

14

膜中の大きさ0.5μm以上のダストの数をレーザーダストモニタで測定したところ、大きさ0.5μm以上のダストの増加は10個であった。

【0089】なお、上記の実施例では防着板7をすべてステンレス材で作製しているが、本発明はこれに限定されるものではなく、導電性材料であればよく、アルミニウムやアルミニウム合金またはチタンやチタン合金で作製してもよい。また、その他の装置部品であるアースシールドやガス導入パイプも導電性材料で作製されていることは言うまでもない。

#### 【0090】

【発明の効果】本発明のスパッタリング装置によるときは、誘電体膜をセラミックターゲットをスパッタリング法にてスパッタして基板上に誘電体膜を成膜する装置において、対向する基板とターゲットの周囲に配置されたアース電位の装置部品のプラズマが存在する空間側の表面が絶縁体層に覆われているので、該絶縁体層にスパッタ膜が堆積し始め、その表面に電荷が蓄積されても、その電荷が作る電界よりも耐圧の高い絶縁体層が既に存在するため、電荷が装置部品のアース電位側へ向って放電しないから、スパッタ膜と絶縁体層を絶縁破壊しないので、粉やダストを発生せず、真空チャンパー内は清浄な雰囲気中で成膜が行える。また、スパッタリング装置の前記装置部品はアース電位であるため絶縁体層をはさんではいるが、その厚さがあまり厚くない場合には、誘電体膜が堆積してもRF的にアース電位となり得るので、安定したプラズマ放電が得られて、異常放電やダストが極めて少なく、長時間安定した放電が維持出来るスパッタリング装置を提供出来る効果がある。

【0091】また、前記装置部品を金属材料とし、かつプラズマが存在する空間側の表面の前記絶縁体をCVD法、PVD法、スパッタ法、塗布法、または溶射法により0.1μm～5000μmの厚さにコーティングしたAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、TiO<sub>2</sub>、SiO<sub>2</sub>、ZrO<sub>2</sub>、MgO、B<sub>2</sub>Cから成る絶縁性セラミックス膜のいずれかとするとき、金属材料がアース電位として、また、コーティングしたこれらの膜が絶縁体層として働くので、異常放電やダストが極めて少なく、安定したプラズマ放電が得られる。

【0092】本発明の誘電体膜の成膜方法によるときは、前記装置部品のプラズマが存在する空間側の表面を絶縁体層で被覆したスパッタリング装置を用いて、セラミックターゲットをスパッタリング法にてスパッタして基板上に誘電体膜を成膜するようにしたので、該絶縁体層にスパッタ膜が堆積し始め、その表面に電荷が蓄積されても、その電荷が作る電界よりも耐圧の高い絶縁体層が既に存在するため、電荷が装置部品のアース電位側へ向って放電しないから、スパッタ膜と絶縁体層を絶縁破壊しないので、粉やダストを発生せず、真空チャンパー内は清浄な雰囲気中で成膜を行え、また、スパッタリング装置の前記装置部品はアース電位であるため絶縁体層

(9)

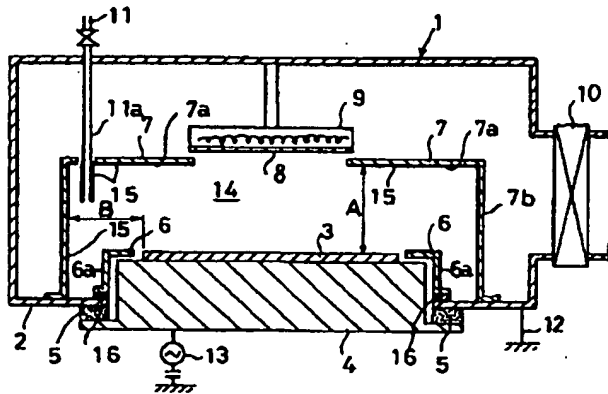
特開平8-277461

15

をはさんではいるが、その厚さがあまり厚くない場合には、誘電体膜が堆積してもRF的にはアース電位となり得るので、長時間安定した放電が維持出来るので、異常放電やダストが極めて少なく、安定したプラズマ放電が得られて基板上に誘電体膜を極めて容易に成膜する効果がある。

【0093】また、前記装置部品を金属材料とし、かつプラズマが存在する空間側の表面の前記絶縁体をCVD法、PVD法、スパッタ法、塗布法、または溶射法により $0.1\mu\text{m}\sim 5000\mu\text{m}$ の厚さにコーティングしたAl、 $\text{O}_2$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{ZrO}_2$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{B}_2\text{C}$ から成る絶縁性セラミックス膜のいずれかとするときは、金属材料がアース電位として、また、コーティングしたこれらの膜が絶縁体層として働くので、異常放電やダストが極めて少なく、安定したプラズマ放電が得られる。

【図1】



16

【図面の簡単な説明】

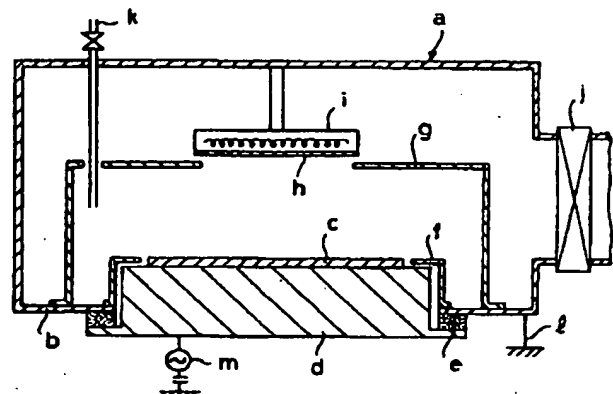
【図1】 本発明のスパッタリング装置の1実施例の該略図、

【図2】 従来のRFスパッタリング装置の該略図、

【符号の説明】

- 1 スパッタリング装置、 2 真空チャンバ一、 3 セラミックターゲット、 4 スパッタカソード、 5 絶縁板、 6 アースシールド、 6a アースシールド表面、 7 防着板、 7a 防着板表面、 8 基板、 9 基板ホルダー、 10 排気口バルブ、 11 ガス導入パイプ、 11a ガス導入パイプ表面、 12 アース板、 13 RF電源、 14 プラズマが存在する空間、 15 絶縁体、絶縁性セラミックス膜、 16 絶縁板。

【図2】



フロントページの続き

(72)発明者 錦 紅▲こう▼

千葉県山武郡山武町横田523 日本真空技術株式会社千葉超材料研究所内

(72)発明者 石川 道夫

千葉県山武郡山武町横田523 日本真空技術株式会社千葉超材料研究所内

JP 8-277461

(19) Japanese Patent Office (JP)

(12) Laid-Open Disclosure Public Patent Bulletin

(11) Patent Application Laid-Open Disclosure No.: Hei 8-277461

(43) Publication Date: October 22, 1996

(51)

Int.Cl. <sup>6</sup>	Domestic Classification Symbol	JPO File Number	F I	Technology Description Section
C23C 14/00			C23C 14/00	Z
14/34			14/34	T
H01L 21/203			H01L 21/203	
21/285			21/285	S

Request for Examination: Not Made

Number of Claims: 5 OL (9 Pages in Total)

(21) Patent Application No.: Hei 7-81244

(22) Patent Application Date: April 6, 1995

(71) Applicant: 000231464

ULVAC, Inc.

2500 Hagisono, Chigasaki-shi, Kanagawa

(72) Inventor: Noriaki TANI

523 Yokota, Sanbu-machi, Sanbu-gun, Chiba

c/o ULVAC, Inc. Chiba Institute for Super Materials

(72) Inventor: Kyuzo NAKAMURA

523 Yokota, Sanbu-machi, Sanbu-gun, Chiba

c/o ULVAC, Inc. Chiba Institute for Super Materials

(72) Inventor: Ikuo SUZUKI

523 Yokota, Sanbu-machi, Sanbu-gun, Chiba

c/o ULVAC, Inc. Chiba Institute for Super Materials

(74) Agent

Patent Attorney Kin-ichi KITAMURA (And another two)

Continued to the last page

(54) [Title of the Invention]

**SPUTTERING SYSTEM AND METHOD OF FORMING DIELECTRIC FILM**

(57) [Abstract]

[Object] A sputtering system for forming a dielectric film, which can keep stable plasma discharge for a long time, in which abnormal discharge and dust particles can be generated infrequently during sputtering.

[Configuration] A sputtering system equipped with a part at an earth potential around a substrate and a target that are opposed to obtain a dielectric film on a substrate with the use of a ceramic target, wherein at least a surface of the part, facing a space where plasma exists, is coated with an insulating ceramic film from 0.1 to 5000  $\mu\text{m}$  in thick comprising any of  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{MgO}$  and  $\text{B}_4\text{C}$  by CVD, PVD, sputtering, application or spraying.

[Scope of Claim]

[Claim 1] A sputtering system equipped with a part at an earth potential around a substrate and a target that are opposed to obtain a dielectric film on a substrate with the use of a ceramic target, wherein at least a surface of the part, facing a space where plasma exists, is coated with an insulator.

[Claim 2] The sputtering system according to Claim 1, wherein the insulator is an insulating ceramic film comprising any of  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{MgO}$  and  $\text{B}_4\text{C}$  coated to be 0.1 to 5000  $\mu\text{m}$  in thick by CVD, PVD, sputtering, application or spraying.

[Claim 3] The sputtering system according to Claim 1 or 2, wherein the dielectric film is any of  $\text{SrTiO}_3$ ,  $\text{BaTiO}_3$ ,  $(\text{BaSr})\text{TiO}_3$ ,  $\text{PbTiO}_3$ ,  $(\text{PbLa})\text{TiO}_3$ ,  $\text{Pb}(\text{ZrTi})\text{O}_3$ ,  $(\text{PbLa})(\text{ZrTi})\text{O}_3$  and  $\text{Ta}_2\text{O}_5$ .

[Claim 4] A method of forming a dielectric film, which sputters a ceramic target with a sputtering system equipped with a part at an earth potential around a substrate and a target that are opposed to form the dielectric film on a substrate, wherein the sputtering system has at least a surface of the part, facing a space where plasma exists, which is coated with an insulator, and the dielectric film is  $\text{SrTiO}_3$ ,  $\text{BaTiO}_3$ ,  $(\text{BaSr})\text{TiO}_3$ ,  $\text{PbTiO}_3$ ,  $(\text{PbLa})\text{TiO}_3$ ,  $\text{Pb}(\text{ZrTi})\text{O}_3$ ,  $(\text{PbLa})(\text{ZrTi})\text{O}_3$  or  $\text{Ta}_2\text{O}_5$ .

[Claim 5] The method of forming the dielectric film according to Claim 4, wherein the insulator is an insulating ceramic film comprising any of  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{MgO}$  and  $\text{B}_4\text{C}$  coated to be 0.1 to 5000  $\mu\text{m}$  in thick by CVD, PVD, sputtering, application or spraying.

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Industrial Application] The present invention relates to a sputtering system and a method of forming a dielectric film, for more detail, a sputtering system and a method of forming a dielectric film for obtaining a dielectric film with high dielectric constant.

[0002]

[Conventional Technology] As a conventional sputtering system for obtaining a dielectric film, a sputtering system *a* shown in Fig. 2 is known.

[0003] In the sputtering system *a* shown in Fig. 2, *b* shows a metal vacuum chamber, *c* shows a ceramic target for obtaining an objective dielectric film, *d* shows a sputtering cathode, *e* shows an insulating board for isolating the sputtering cathode *d* from the vacuum chamber *b* at an earth potential, *f* shows an earth shield, *g* shows a contamination plate, *h* shows a substrate placed opposite to the ceramic target *c* for forming a dielectric film on a surface, *i* shows a substrate holder equipped with a heater for heating the substrate *h*, *j* shows an exhaust port valve of the vacuum chamber, *k* shows a gas-feed pipe for introducing sputtering gas into the vacuum chamber *b*, *l* shows an earth board for making the vacuum chamber *b* the earth potential, and *m* shows an RF power supply for applying electric power to the sputtering cathode *d*.

[0004] Of these parts of the system, the contamination plate *g* is generally placed around the substrate *h* and the target *c* to prevent sputtered particles of the sputtered ceramic target *c* from scattering and adhering all over the area in the vacuum chamber *b* to contaminate an inside wall.

[0005] Then, even if a dielectric film is formed on the substrate *h* for a certain degree of long time, the inside wall of the vacuum chamber *b* is hardly contaminated since the contamination plate *g* is placed, and the contamination plate *g* prevents a film of the ceramic target *c* from adhering to a portion that is not the substrate *h*, except the earth shield *f* and a tip of the gas-feed pipe *k* of the parts of the system, which are placed around the substrate *h* and the target *c*.

[0006] Besides, after a reasonable length of deposition time, deposition can be repeatedly continued by exchanging the contamination plate *g* with an adhering film of the ceramic target *c*, the earth shield *f*, and the tip of gas-feed pipe *k* or by removing and cleaning the contamination plate *g*.

[0007] Since the contamination plate *g* and the gas-feed pipe *k* are generally made of often a metal material such as a stainless material, and fixed to the inside wall of the vacuum chamber *b*, they have the earth potential. Also, the earth shield *f* has of course an earth potential.

[0008] When sputtered particles that come from the ceramic target *c* are deposited on

surfaces facing a space where plasma exists, of these parts of the system that are placed at the earth potential around the substrate *h* and the ceramic target *c*, small arcing starts to be generated at the surface where an insulating film is deposited after a while since sputtering is started in case that the deposited film is the insulating film, and this arcing starts to be generated all over the surface before long. When discharge is stopped to observe the surface of these parts of the system, it is found that traces generated by the arcing remain at the surface to which whitish powder is also adhering. The foregoing powder is undesirable since the powder contaminates the inside of the vacuum chamber *b*, and is often taken into the substrate *h* for deposition.

[0009] The powder is generated due to the mechanism as follows. The insulating film starts to be deposited on the surfaces facing the space where plasma exists, of the parts of the system at the earth potential. On the other hand, plasma spreads in the space surrounded by the inside surface of the contamination plate *g*, the ceramic target *c* and the substrate *h*. Depending on leakage magnetic field strength of the surface of the ceramic target *c* in the case of magnetron sputtering, in any case, plasma spreads to the vicinity of the contamination plate *g* as the power to be applied to the sputtering cathode *d* is increased in order to increase the deposition rate.

[0010] At this point, there is no problem if the deposited film is a metal film. However, if the deposited film is an insulating film, the following phenomenon arises.

[0011] In other words, when an insulating film deposited on the surfaces of these parts of the system is exposed to plasma or plasma exists around the insulating film, a positive or negative electric charge is accumulated at a surface of the insulating film due to the plasma potential in the position.

[0012] Generally, absolute value of the electric charge is charged up to about several to several dozen V. Although a very thin film is deposited on the surface of these parts of the system at first, the very thin film has a low dielectric breakdown voltage, that is, a low withstand voltage. When the foregoing electric charge is accumulated at the surface of the insulating film at that moment, the electric charge at the surface of the insulating film moves in the direction of the film thickness toward the side of the earth potential while causing dielectric breakdown of the film since these parts of the system have earth potential.

[0013] In the portions subjected to dielectric breakdown, pinholes or film peeling are generated, where the earthed metal surfaces of the parts of the system are exposed again. Then, when an insulating film starts to be deposited there again, charge up at the surface of the film and dielectric breakdown of the film are repeated as the foregoing, which is repeated all over the surfaces of these parts of the system. That is to say, the foregoing



small arcing generated all over the surfaces of the contamination plate *g*, the earth shield *f* and the tip of gas-feed pipe *k* means that this state is generated.

[0014] At this point, since the insulating film is peeled off due to dielectric breakdown at a micro level, the surfaces of these parts of the system have fine powder peeled all over the surfaces. The foregoing powder is undesirable since the powder as deposition dust is mixed into a dielectric film that is to be deposited on the substrate *h* to cause a defect in deposition.

[0015] Therefore, in order not to generate the foregoing dust, the following means in two ways can be taken.

I. An electric charge is prevented from being accumulated on the insulating film. In particular, the distance between the contamination plate *g* and the target *c* is extended as far as possible or plasma is prevented from spreading in order to prevent the inside surface of the contamination plate *g* from being exposed to plasma.

II. Even when an electric charge is accumulated on the insulating film, the electric charge is prevented from being discharged toward the earth potential to cause dielectric breakdown.

[0016]

[Problems to be Solved by the Invention] As for the means I, it is impossible to extend the distance infinitely since the vacuum chamber has a size limited. In addition, when deposition is continued for a long time, electric charges for providing an applied electric field that breaks the insulating film are finally accumulated at the surface of the insulating film deposited on the inside surface of the contamination plate *g*. On the other hand, as for the means II, it can be easily expected that it becomes impossible for the electric charge accumulated on the insulating film to be discharged to earth potential to cause no dielectric breakdown while the electric charge remains accumulated at the surface of the insulating film, for example, when the contamination plate *g* is not made to have the earth potential, that is, the contamination plate *g* is separated by an insulating board from the earth potential of the vacuum chamber or the contamination plate *g* itself is made of an insulating material instead of a metal material.

[0017] However, in fact, discharge is kept in plasma generation by current flowing between the sputtering cathode and the earth around. Therefore, in the case of the extremely small earth potential around the sputtering cathode as described above, the discharge is unstable, and it becomes impossible to keep the discharge in extreme cases.

[0018] It is an object of the present invention to provide a sputtering system and a method of forming a dielectric film, which solve the above-mentioned problems to generate no dust particle from parts of the system placed around a substrate and a target

and enable to keep stable discharge.

[0019] [Means for Solving the Problem] A sputtering system according to the present invention is equipped with a part at an earth potential around a substrate and a target that are opposed to obtain a dielectric film on a substrate with the use of a ceramic target, wherein at least a surface of the part, facing a space where plasma exists, is coated with an insulator.

[0020] Further, for the insulator, insulating ceramic such as  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{MgO}$  or  $\text{B}_4\text{C}$  may be coated by CVD, PVD, sputtering, application, or spraying to be about 0.1 to 5000  $\mu\text{m}$  in thick.

[0021] Further, the dielectric film may be any of  $\text{SrTiO}_3$ ,  $\text{BaTiO}_3$ ,  $(\text{BaSr})\text{TiO}_3$ ,  $\text{PbTiO}_3$ ,  $(\text{PbLa})\text{TiO}_3$ ,  $\text{Pb}(\text{ZrTi})\text{O}_3$ ,  $(\text{PbLa})(\text{ZrTi})\text{O}_3$  and  $\text{Ta}_2\text{O}_5$ .

[0022] A method of forming a dielectric film according to the present invention uses the sputtering device. For more detail, the present invention provides a method of forming a dielectric film, which sputters a ceramic target with a sputtering system equipped with a part at an earth potential around a substrate and a target that are opposed to form the dielectric film on a substrate, wherein the sputtering system has at least a surface of the part, facing a space where plasma exists, which is coated with an insulator, and the dielectric film is  $\text{SrTiO}_3$ ,  $\text{BaTiO}_3$ ,  $(\text{BaSr})\text{TiO}_3$ ,  $\text{PbTiO}_3$ ,  $(\text{PbLa})\text{TiO}_3$ ,  $\text{Pb}(\text{ZrTi})\text{O}_3$ ,  $(\text{PbLa})(\text{ZrTi})\text{O}_3$  or  $\text{Ta}_2\text{O}_5$ .

[0023] Here, for the insulator covering the surface of the part, facing a space where plasma exists, insulating ceramic such as  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{MgO}$  or  $\text{B}_4\text{C}$  may be coated by CVD, PVD, sputtering, application, or spraying to be about 0.1 to 5000  $\mu\text{m}$  in thick.

[0024]

[Function] A sputtering system according to the present invention for forming a dielectric film by sputtering with the use of a ceramic target has a part at an earth potential around a substrate and a target that are opposed, and the part has a surface facing a space where plasma exists, which is coated with an insulator layer. Therefore, even when a sputtered film starts to be deposited on the insulator layer, and an electric charge is stored at a surface thereof, the electric charge is not discharged toward an earth potential of the part since an insulator layer that has a higher withstand voltage than electric field formed by the electric charge already exists. Hence, deposition can be performed in a clean atmosphere in a vacuum chamber without generating powder or dust, since the sputtered film or the insulator layer is not subjected to dielectric breakdown.

[0025] Further, although the part of the sputtering system has the insulator layer

sandwiched, stable discharge can be kept for a long time in the case where the insulator layer is not so thick since the earth potential can be achieved in terms of RF even if a dielectric film is deposited.

[0026] In the result, a dielectric film that has fairly little dust mixed in is formed on the substrate.

[0027]

[Embodiments] In the present invention, an insulating ceramic film that is an insulator for coating at least surfaces of parts such as a contamination plate and an earth shield, facing a space where plasma exists, has a thickness of 0.1 to 5000  $\mu\text{m}$ , since the insulating ceramic film has a low withstand voltage so that the insulating ceramic film is also subjected to dielectric breakdown due to an accumulated electric charge to cause dust if the thickness of the insulating ceramic film is less than 0.1  $\mu\text{m}$ , and since an earth potential exists through a thick ceramic film to cause inadequate earthing so that it is not possible to discharge RF plasma stably if the thickness of the insulating ceramic film is more than 5000  $\mu\text{m}$ .

[0028] Hereinafter, according to a drawing, specific embodiments of a method of forming a dielectric film according to the present invention will be described with comparative examples.

[0029] Embodiment 1

Fig. 1 shows an embodiment of the sputtering system 1 according to the present invention.

[0030] In the drawing, a reference number 2 shows a metal vacuum chamber, 3 shows a ceramic target for obtaining an objective dielectric film, 4 shows a sputtering cathode, 5 shows an insulating board for isolating the sputtering cathode 4 from the vacuum chamber 2 at an earth potential, 6 shows an earth shield, 7 shows a contamination plate, 8 shows a substrate for forming a dielectric film on a surface, 9 shows a substrate holder equipped with a heater for heating the substrate 8, 10 shows an exhaust port valve of the vacuum chamber, 11 shows a gas-feed pipe for introducing sputtering gas into the vacuum chamber, 12 shows an earth board for making the vacuum chamber 2 the earth potential, and 13 shows an RF power supply for applying electric power to the sputtering cathode 3.

[0031] While the structure of the system is no different from the conventional sputtering system, according to the characteristics of the present invention, the contamination plate 7 that is one of the parts placed at an earth potential around the substrate 8 and the ceramic target 3 is made of a 2 mm thick stainless material (SUS304), and an insulating ceramic film 15 of 50  $\mu\text{m}$  thick  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (aluminum oxide) is formed by spraying

respectively on a surface of the contamination plate 7a facing a space 14 where plasma exists and a surface 11a of the gas-feed pipe 11 that is another one of the parts.

[0032] Further, a rear surface 7b of the contamination plate, facing the space where no plasma exists, is connected through the vacuum chamber 2 with the use of a copper (Cu) board to electrically have the earth potential by the earth board 12.

[0033] In addition, the earth shield 5 is connected to the vacuum chamber 2 through the insulating board 16 to be insulated from the vacuum chamber 2 and have an electrically floating potential from the vacuum chamber 2 at the earth potential. Therefore, an insulating film is not formed on a surface thereof.

[0034] Further, since the substrate holder 9 also has a floating potential, an insulating film is not particularly formed on a surface thereof.

[0035] Then, in the present embodiment,  $\text{SrTiO}_3$  (strontium titanate) that is 150 nm in diameter and 4nm in thickness is used as the ceramic target 3, and the ceramic target 3 is attached to the inside of the vacuum chamber 2 of the sputtering device 1.

[0036] In addition, a 3-inch silicon wafer 3 inches thick is used as the substrate 8, and the substrate 8 is held in the substrate holder 9. The substrate has a floating potential.

[0037] Further, the distance A from a surface of the ceramic target 3 to the surface of the contamination plate 7 is set at 55 mm, and the distance B from an edge of the ceramic target 3 to the side of the contamination plate 7 is set at 45 mm.

[0038] Then, after exhausting the inside of the vacuum chamber 2 through the exhaust port valve 10 to a pressure of  $1 \times 10^{-4}$  Pa, sputtering gas comprising Ar (argon) gas mixed with  $\text{O}_2$  (oxygen) gas at 20 % is introduced into the vacuum chamber 2 from the gas-feed pipe 11. Then, the sputtering gas pressure is set to be 0.5 Pa, and the ceramic target 3 is sputtered by RF sputtering with sputtering electric power of 500 W to form an  $\text{SrTiO}_3$  film 200 nm thick on the substrate 8 that is heated to a temperature of 400 °C by the substrate holder 9.

[0039] Then, according to visual observations on a state of discharge during the deposition and states of the surface 7a of the contamination plate 7, the surface 6a of the earth shield 6, and the surface 11a of the gas-feed pipe 11, the surfaces of the contamination plate, the earth shield, and the gas-feed pipe have no change observed, and plasma is stable.

[0040] Further, when the number of dust particles that are 0.5  $\mu\text{m}$  in size or more in the  $\text{SrTiO}_3$  film formed on the substrate 8 is measured by a laser dust monitor, the number of dust particles that are 0.5  $\mu\text{m}$  in size or more is increased by 16 as compared to the numbers before the deposition

[0041] Comparative Example 1

The conventional system shown in Fig. 2 is used, and the contamination plate *g* is made of a steel material (SUS304) 2 mm thick. Then, a SrTiO<sub>3</sub> film is formed on a substrate by RF sputtering in the same way as the foregoing Embodiment 1 except for exposing both metal surfaces of the contamination plate *g* at an earth potential and using the earth shield *f* and the gas-feed pipe *k* that have surfaces uncoated with any insulator film.

[0042] Then, according to visual observations on a state of discharge during the deposition and states of the surface of the contamination plate, the surface of the earth shield, and the surface of the gas-feed pipe, about 30 seconds later after starting the discharge, small luminescent spots start to be observed on the surface of the contamination plate, the surface of the earth shield, and the surface of the gas-feed pipe where plasma exists. As time goes on, the number and the range of luminescent spots get increased, and luminescent spots due to arcing are observed almost all over the surface of contamination plate, the surface of the earth shield, the surface of the gas-feed pipe after about 2 minutes.

[0043] After 60 minutes passed from starting the discharge, the discharge is stopped, and the inside of the vacuum chamber *b* is opened to the air. Then, when the surface of the contamination plate, the surface of the earth shield, and the surface of the gas-feed pipe, where plasma existed, are observed, many traces of abnormal electric discharge like lightning, which are about 3 to 60 mm in length, are found, and there is small white powder adhering, which is fine powder of SrTiO<sub>3</sub>.

[0044] Further, when the number of dust particles that are 0.5 μm in size or more in the SrTiO<sub>3</sub> film formed on the substrate is measured by a laser dust monitor, the number of dust particles is increased by 522.

#### [0045] Comparative Example 2

The conventional system shown in Fig. 2 is used, and the contamination plate *g* is made of a steel material (SUS304) 2 mm thick. Then, a SrTiO<sub>3</sub> film is formed on a substrate by RF sputtering in the same way as the foregoing Embodiment 1 except for exposing both metal surfaces of the contamination plate *g* at an earth potential, using the earth shield *f* and the gas-feed pipe *k* that have surfaces uncoated with any insulator film, and connecting the earth shield *f* and the contamination plate *g* to the vacuum chamber *b* through an insulating board (the same as the insulating board 16 in Fig.1, which is not shown in the figure) to be insulated from the vacuum chamber *b* and have an electrically floating potential from the vacuum chamber *b* at the earth potential..

[0046] Then, according to visual observations on a state of discharge during the deposition and states of the surface of the contamination plate, the surface of the earth shield, and the surface of the gas-feed pipe, just after starting the discharge, plasma in

the space surrounded by the contamination plate, the substrate, the ceramic target and the earth shield starts to move lamently, and sometimes spurts like a pillar of fire from gaps of the contamination plate and the like. Further, about 3 minutes later after starting the discharge, plasma starts to light up, and gets to die out frequently as time goes on. Further, during the discharge, abnormality such as arcing is not found at the rear surfaces of the contamination plate and the like. In any event, the discharge is unstable.

[0047] Further, when the number of dust particles that are 0.5  $\mu\text{m}$  in size or more in the  $\text{SrTiO}_3$  film formed on the substrate is measured by a laser dust monitor, the number of dust particles is increased by 522.

[0048] However, even though the deposition is performed for 60 minutes as Embodiment 1, the obtained film is only 110 nm thick, and the deposition rate is unstable.

[0049] Embodiment 2

An  $\text{SrTiO}_3$  film is formed on the substrate 8 in the same way as the foregoing embodiment 1 except for using a contamination plate and a gas-feed pipe that have an insulating ceramic film 15 of  $\text{Al}_2\text{O}_3$  formed on the surface 7a of the contamination plate 7 and the surface 11a of the gas-feed pipe 11 by spraying, which has various thicknesses as shown in Table 1.

[0050] The results of visual observations on a plasma state during discharge during the deposition and a state of abnormal discharge of the surface 7a of the contamination plate 7, the surface 6a of the earth shield 6 and the surface 11a of the gas-feed pipe 11 are shown in Table 1.

[0051] Also, the results of measurements of the number of dust particles that are 0.5  $\mu\text{m}$  in size or more in the  $\text{SrTiO}_3$  film formed on the substrate is measured by a laser dust monitor are shown in Table 1.

[0052]

[Table 1]

Thickness of Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (μm)	State of abnormal discharge at the surfaces of the contamination plate and the like	Plasma state	Increase of the number of dust particles	Thickness of SrTiO <sub>3</sub> film obtained after 60 minutes (nm)
0.05	Small arcing is seen often at the beginning, and decreased gradually.	Stable	278	180
0.1	No abnormality	Stable	29	200
10	No abnormality	Stable	19	200
100	No abnormality	Stable	21	200
500	No abnormality	Stable	17	200
1000	No abnormality	Stable	36	200
3000	No abnormality	Stable	23	200
5000	No abnormality	Stable	31	200
10000	No abnormality	Lambent plasma	18	150

[0053] As is clear from the Table 1, since no abnormal discharge is observed on the surface 7a of the contamination plate 7 and the surface 11a of the gas-feed pipe 11 and the plasma state is stable within the range of 0.1 μm to 5000 μm according the present invention for the thickness of the insulating ceramic film 15 of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> formed on the surface 7a of the contamination plate 7 and the surface 11a of the gas-feed pipe 11, it is confirmed that no dust is taken into the film or the deposition rate dose not become unstable.

[0054] As described, in Embodiment 1, the sputtered SrTiO<sub>3</sub> film is formed on the surfaces, facing a space where plasma exists, of the contamination plate and the other parts that of the system, and positive or negative electric charges are accumulated on the surface thereof due to plasma. However, since the insulating ceramic film of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> is formed to have the thickness of 50 μm between the metal surface of the contamination plate at the earth potential and the SrTiO<sub>3</sub> film, that is, on the surface of the contamination plate, the withstand voltage of the insulator layer is high, the electric charges is not able to escape to the earth, and dielectric breakdown is not caused.

[0055] Therefore, abnormality such as small arcing at that moment or extreme generation of dust is not caused. Further, the backside of the contamination plate, that

is, the side not facing the space where plasma exists, has the earth potential while the insulator layer of  $\text{Al}_2\text{O}_3$  is sandwiched. However, since the insulator layer of  $\text{Al}_2\text{O}_3$  has the thickness of 50  $\mu\text{m}$ , which is not very thick, stable discharge can be kept without lambency or blinking of RF plasma.

[0056] On the other hand, in Comparative Example 1, the  $\text{SrTiO}_3$  film of the sputtered ceramic target material is formed on the surfaces facing the space where plasma exists, of the contamination plate, the earth shield, and the gas-feed pipe, during the formation of  $\text{SrTiO}_3$  film on the substrate, and positive or negative electric charges start to be accumulated on a surface thereof.

[0057] Since the  $\text{SrTiO}_3$  film has been deposited only quite thinly yet on the surfaces of the contamination plate, the earth shield, and the gas-feed pipe, the  $\text{SrTiO}_3$  film is subjected to dielectric breakdown due to the electric field formed by the electric charges accumulated at the surface, and the electric charges are discharged toward the earth, and at the same time, the  $\text{SrTiO}_3$  film flies into pieces to expose the base earthed metal surface. Further, as sputtering is continued, another  $\text{SrTiO}_3$  film is deposited again on the exposed portion. However, dielectric breakdown is again repeated in the same way. At that moment, a trace of abnormal discharge is generated on the surfaces of the contamination plate and the like. The foregoing state is generated all over the surfaces of the contamination plate, the earth shield, and the like, so the powder that has flown off becomes dust.

[0058] In addition, in Comparative Example 2, since no earth potential exists around the ceramic target, plasma is not stable, and the deposition rate does not become constant due to the lambency and blinking, which cannot be used practically.

[0059] In Embodiment 2, in the case where the insulating ceramic film of  $\text{Al}_2\text{O}_3$  has a thin film thickness of 0.05  $\mu\text{m}$ , since the film is not perfectly pinhole-free with the earthed surface sparsely exposed in parts, arcing is caused in the foregoing thin parts with the result that the insulating ceramic film of  $\text{Al}_2\text{O}_3$  and the thin  $\text{SrTiO}_3$  film deposited thereon are subjected to dielectric breakdown. However, as the  $\text{SrTiO}_3$  film is further deposited on the insulating ceramic film of  $\text{Al}_2\text{O}_3$  to insulate the surfaces of the contamination plate and the like, no abnormal discharge is caused for the same reason as that of Embodiment 1, and then, discharge becomes stable.

[0060] In the case where the insulating ceramic film of  $\text{Al}_2\text{O}_3$  has a thickness of 0.1 to 5000  $\mu\text{m}$ , since the surfaces of the contamination plate and the gas-feed pipe are sufficiently insulated and the contamination plate and the gas-feed pipe have the earth potential in terms of RF in spite of the insulating ceramic film thereon, stable discharge can be kept. Even though the insulating ceramic film exists between plasma and the



earth potential such as the contamination plate and the like, the earth potential does function in during the RF discharge when the insulating ceramic film is not very thick. However, when the  $\text{Al}_2\text{O}_3$  the insulating ceramic film is thick enough to reach 10000  $\mu\text{m}$ , the earth potential is not sufficient in terms of RF around plasma, and discharge becomes unstable.

[0061] Embodiment 3

An  $\text{SrTiO}_3$  film is formed on the substrate 8 in the same way as the foregoing Embodiment 1 except for using a 0.1  $\mu\text{m}$ -thick  $\text{TiO}_2$  (titanium oxide) film formed by CVD (Chemical Vapor Deposition) instead of the sprayed  $\text{Al}_2\text{O}_3$  film, as the insulating ceramic film 15 to be formed on the surface 7a of the contamination plate 7 and the surface 11a of the gas-feed pipe 11.

[0062] Then, according to visual observations on a state of discharge during the deposition and states of the surface 7a of the contamination plate 7 and the surface 11a of the gas-feed pipe 11, the surfaces of the contamination plate and the gas-feed pipe have no abnormal discharge observed, and plasma is stable.

[0063] In addition, when the number of dust particles that are 0.5  $\mu\text{m}$  in size or more in the  $\text{SrTiO}_3$  film formed on the substrate is measured by a laser dust monitor, the number of dust particles is increased by 27.

[0064] Further, the obtained  $\text{SrTiO}_3$  film has a film thickness of 200 nm.

[0065] Embodiment 4

An  $\text{SrTiO}_3$  film is formed on the substrate 8 in the same way as the foregoing Embodiment 1 except for using a 10  $\mu\text{m}$ -thick  $\text{SiO}_2$  (silicon dioxide) film formed by applying hexamethyldisiloxane to the surfaces of the contamination plate and the gas-feed pipe and then baking, instead of a thermal sprayed  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , as the insulating ceramic film 15 to be formed on the surface 7a of the contamination plate 7 and the surface 11a of the gas-feed pipe 11.

[0066] Then, according to visual observations on a state of discharge during the deposition and states of the surface 7a of the contamination plate 7 and the surface 11a of the gas-feed pipe 11, the surfaces of the contamination plate and the gas-feed pipe have no abnormal discharge observed, and plasma is stable.

[0067] In addition, when the number of dust particles that are 0.5  $\mu\text{m}$  in size or more in the  $\text{SrTiO}_3$  film formed on the substrate is measured by a laser dust monitor, the number of dust particles is increased by 8.

[0068] Further, the obtained  $\text{SrTiO}_3$  film after the deposition for 60 minutes has a measured film thickness of 200 nm.

[0069] Embodiment 5

An  $\text{SrTiO}_3$  film is formed on the substrate 8 in the same way as the foregoing Embodiment 1 except for using a 5  $\mu\text{m}$ -thick  $\text{ZrO}_2$  (zirconium oxide) film formed by sputtering instead of the sprayed  $\text{Al}_2\text{O}_3$  film, as the insulating ceramic film 15 to be formed on the surface 7a of the contamination plate 7 and the surface 11a of the gas-feed pipe 11.

[0070] Then, according to visual observations on a state of discharge during the deposition and states of the surface 7a of the contamination plate 7 and the surface 11a of the gas-feed pipe 11, the surfaces of the contamination plate and the gas-feed pipe have no abnormal discharge observed, and plasma is stable.

[0071] In addition, when the number of dust particles that are 0.5  $\mu\text{m}$  in size or more in the  $\text{SrTiO}_3$  film formed on the substrate is measured by a laser dust monitor, the number of dust particles is increased by 30.

[0072] Further, the obtained  $\text{SrTiO}_3$  film has a film thickness of 200 nm.

[0073] Embodiment 6

An  $\text{SrTiO}_3$  film is formed on the substrate 8 in the same way as the foregoing Embodiment 1 except for using a 50  $\mu\text{m}$ -thick  $\text{MgO}$  (magnesium oxide) film formed by PVD (Physical Vapor Deposition) instead of the sprayed  $\text{Al}_2\text{O}_3$  film, as the insulating ceramic film 15 to be formed on the surface 7a of the contamination plate 7 and the surface 11a of the gas-feed pipe 11.

[0074] Then, according to visual observations on a state of discharge during the deposition and states of the surface 7a of the contamination plate 7 and the surface 11a of the gas-feed pipe 11, the surfaces of the contamination plate and the gas-feed pipe have no abnormal discharge observed, and plasma is stable.

[0075] In addition, when the number of dust particles that are 0.5  $\mu\text{m}$  in size or more in the  $\text{SrTiO}_3$  film formed on the substrate is measured by a laser dust monitor, the number of dust particles is increased by 15.

[0076] Further, the  $\text{SrTiO}_3$  film formed on the substrate has a film thickness of 200 nm.

[0077] Embodiment 7

An  $\text{SrTiO}_3$  film is formed on the substrate 8 in the same way as the foregoing Embodiment 1 except for using a 0.2  $\mu\text{m}$ -thick  $\text{B}_4\text{C}$  (boron carbide) film formed by sputtering instead of the sprayed  $\text{Al}_2\text{O}_3$  film, as the insulating ceramic film 15 to be formed on the surface 7a of the contamination plate 7 and the surface 11a of the gas-feed pipe 11.

[0078] Then, according to visual observations on a state of discharge during the deposition and states of the surface 7a of the contamination plate 7, the surface 6a of the earth shield 6, and the surface 11a of the gas-feed pipe 11, the surfaces of the

contamination plate, the earth shield, and the gas-feed pipe have no abnormal discharge observed, and plasma is stable.

[0079] In addition, when the number of dust particles that are 0.5  $\mu\text{m}$  in size or more in the  $\text{SrTiO}_3$  film formed on the substrate is measured by a laser dust monitor, the number of dust particles is increased by 34.

[0080] Further, the  $\text{SrTiO}_3$  film formed on the substrate has a film thickness of 200 nm.

[0081] Embodiments 8-14

Any one of a  $\text{BaTiO}_3$  film, a  $(\text{BaSr})\text{TiO}_3$  film, a  $\text{PbTiO}_3$  film, a  $(\text{PbLa})\text{TiO}_3$  film, a  $\text{Pb}(\text{ZrTi})\text{O}_3$  film, a  $(\text{PbLa})(\text{ZrTi})\text{O}_3$  film, and a  $\text{Ta}_2\text{O}_5$  film is formed on the substrate 8 in the same way as the foregoing Embodiment 1 except for using any one of a ceramic target of  $\text{BaTiO}_3$  (barium titanate),  $(\text{BaSr})\text{TiO}_3$  (barium strontium titanate),  $\text{PbTiO}_3$  (lead titanate),  $(\text{PbLa})\text{TiO}_3$  (lead lanthanum titanate),  $\text{Pb}(\text{ZrTi})\text{O}_3$  (lead zirconate titanate),  $(\text{PbLa})(\text{ZrTi})\text{O}_3$  (lead lanthanum zirconate titanate),  $\text{Ta}_2\text{O}_5$  (tantalum oxide), instead of  $\text{SrTiO}_3$ , as a material for the ceramic target 3.

[0082] Then, according to visual observations on a state of discharge during the deposition and states of the surface 7a of the contamination plate 7 and the surface 11a of the gas-feed pipe 11, the surfaces of the contamination plate and the gas-feed pipe have no abnormal discharge observed, and plasma is stable.

[0083] In addition, when the number of dust particles that are 0.5  $\mu\text{m}$  in size or more in each film formed on the substrate is measured by a laser dust monitor, the number of dust particles in the  $\text{BaTiO}_3$  film is increased by 7, the number of dust particles in the  $(\text{BaSr})\text{TiO}_3$  film is increased by 19, the number of dust particles in the  $\text{PbTiO}_3$  film is increased by 18, the number of dust particles in the  $(\text{PbLa})\text{TiO}_3$  film is increased by 33, the number of dust particles in the  $\text{Pb}(\text{ZrTi})\text{O}_3$  film is increased by 22, the number of dust particles in the  $(\text{PbLa})(\text{ZrTi})\text{O}_3$  film is increased by 30, and the number of dust particles in the  $\text{Ta}_2\text{O}_5$  film is increased by 40.

[0084] As is clear in the result of Embodiments 8 to 14, in the case of using any ceramic target material, there is no abnormal discharge during the deposition, and stable plasma is obtained. Also, each of the formed films has a reproducible film thickness, and a stable deposition rate is obtained.

[0085] Further, the increased number of dust particles in each film formed on the substrate is about 10 to 40 in any case, which is low level.

[0086] Embodiment 15

The contamination plate 7 is made of a 2 nm-thick stainless material (SUS304), and unlike Fig. 1, an insulating ceramic film of 50  $\mu\text{m}$ -thick  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (aluminum oxide) is formed by praying on all the surfaces except for the terminal area (10 mm  $\times$  10 mm) for

an earth potential. Further, an  $\text{SrTiO}_3$  film is formed on the substrate by RF sputtering in the same way as the foregoing Embodiment 1 except for the following: also unlike Fig. 1, the earth shield 6 is directly attached to the vacuum chamber 2 at the earth potential without interposing the insulating board 16 therebetween to make the earth shield 6 the earth potential, and all the surfaces except for the surfaces in contact with the vacuum chamber 2 are coated with 50- $\mu\text{m}$   $\text{Al}_2\text{O}_3$  (aluminum oxide) by spraying.

[0087] According to visual observations on a state of discharge during the deposition and states of the surface of the contamination plate, the surface of the earth shield, and the surface of the gas-feed pipe, the states of discharge and plasma are stable, and the surfaces of the contamination plate, the earth shield, the gas-feed pipe have no particular abnormality.

[0088] In addition, when the number of dust particles that are 0.5  $\mu\text{m}$  in size or more in the  $\text{SrTiO}_3$  film formed on the substrate 8 is measured by a laser dust monitor, the number of dust particles that are 0.5  $\mu\text{m}$  in size or more is increased by 10.

[0089] Although the contamination plate 7 is always made of the stainless material in the foregoing embodiments, the present invention is not limited to this. The contamination plate 7 may be made of another conductive material such as aluminum, aluminum alloy, titanium, or titanium alloy. Further, it goes without saying that each of the other parts of the system, such as the earth shield and the gas-feed pipe are also made of a conductive material.

[0090]

[Effect of the Invention] In accordance with a sputtering system according to the present invention, in a system for sputtering a ceramic target by sputtering to form a dielectric film on a substrate, parts of the system, which are placed around an opposed substrate and a target at an earth potential have surfaces facing a space where plasma exists, which are coated with an insulator layer. Therefore, even when a sputtered film starts to be deposited on the insulator layer, and an electric charge is stored at a surface thereof, the electric charge is not discharged toward an earth potential of the part since an insulator layer that has a higher withstand voltage than electric field formed by the electric charge already exists. Hence, deposition can be performed in a clean atmosphere in a vacuum chamber without generating powder or dust, since the sputtered film or the insulator layer is not subjected to dielectric breakdown. Further, since the parts of the sputtering system have the earth potential, the earth potential can be kept in terms of RF in spite of the insulator layer sandwiched in the case where the insulating ceramic film is not very thick even if a dielectric film is deposited, and then, stable plasma discharge can be obtained. Accordingly, the present invention has an effect of

providing a sputtering system that is able to keep stable discharge for a long time with extremely little abnormal discharge and dust.

[0091] Further, when each of the parts of the system are made of a metal material and the insulator on the surfaces facing the space where plasma exists is any of insulating ceramic films respectively comprising  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{MgO}$  and  $\text{B}_4\text{C}$ , which are coated to have a thickness of 0.1 to 5000  $\mu\text{m}$  by CVD, PVD, sputtering, application or spraying, stable plasma discharge with extremely little abnormal discharge or dust can be obtained since the metal material functions as an earth potential and these films for coating function as an insulator layer.

[0092] In accordance with a method of forming a dielectric film according to the present invention, the sputtering system in which the parts have the surfaces facing a space where plasma exists, which are coated with the insulator layer, is used, and a ceramic target is sputtered by sputtering to form a dielectric film on a substrate. Therefore, even when a sputtered film starts to be deposited on the insulator layer, and an electric charge is stored at a surface thereof, the electric charge is not discharged toward an earth potential of the part since an insulator layer that has a higher withstand voltage than electric field formed by the electric charge already exists. Hence, deposition can be performed in a clean atmosphere in a vacuum chamber without generating powder or dust, since the sputtered film or the insulator layer is not subjected to dielectric breakdown. Further, since the parts of the sputtering system have the earth potential, the earth potential can be kept in terms of RF in spite of the insulator layer sandwiched in the case where the insulating ceramic film is not very thick even if a dielectric film is deposited, and then, stable discharge can be kept for a long time. Accordingly, the present invention has an effect of forming a dielectric film on a substrate extremely easily with stable plasma discharge obtained and extremely little abnormal discharge and dust.

[0093] Further, when each of the parts of the system are made of a metal material and the insulator on the surfaces facing the space where plasma exists is any of insulating ceramic films respectively comprising  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{MgO}$  and  $\text{B}_4\text{C}$ , which are coated to have a thickness of 0.1 to 5000  $\mu\text{m}$  by CVD, PVD, sputtering, application or spraying, stable plasma discharge with extremely little abnormal discharge or dust can be obtained since the metal material functions as an earth potential and these films for coating function as an insulator layer.

#### [Brief Description of the Drawings]

[Fig. 1] a schematic diagram of an embodiment of a sputtering system

according to the present invention

[Fig. 2] a schematic diagram of a conventional RF sputtering system

[Description of the Reference Symbols]

- 1: sputtering system
- 2: vacuum chamber
- 3: ceramic target
- 4: sputtering cathode
- 5: insulating board
- 6: earth shield
- 6a: surface of earth shield
- 7: contamination plate
- 7a: surface of contamination plate
- 8: substrate
- 9: substrate holder
- 10: exhaust port valve
- 11: gas-feed pipe
- 11a: surface of gas-feed pipe
- 12: earth board
- 13: RF power supply
- 14: space where plasma exists
- 15: insulator, insulating ceramic film
- 16: insulating board

Continued from the front page:

- (72) Inventor: Koukou SUU  
523 Yokota, Sanbu-machi, Sanbu-gun, Chiba  
c/o ULVAC, Inc. Chiba Institute for Super Materials
- (72) Inventor: Michio ISHIKAWA  
523 Yokota, Sanbu-machi, Sanbu-gun, Chiba  
c/o ULVAC, Inc. Chiba Institute for Super Materials